

А. Е. ГОЛОСКОКОВ, профессор НТУ «ХПИ», *А. В. РУДНИЦКИЙ*, студент НТУ «ХПИ»

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ ПАКЕТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛАСТИН

В статті розглянуті деякі труднощі використання традиційного підходу к побудові автоматизованих систем управління технологічними процесами. На підставі практичного досвіду авторів, відгуків користувачів систем управління, матеріалів сучасної літератури виявлена необхідність інтелектуалізації систем управління. Зроблена постановка задачі на розробку інтелектуальної системи управління технологічним процесом гарячий прокатки пакетів металевих пластин. Запропоновані деякі підходи та технології побудови інтелектуальної системи управління. Розглянуто напрямки подальшого виконання роботи.

Введение. Большинство автоматически управляемых технических систем, прошедшего XX века, разработаны на основе теории управления, построенной на аналитическом понимании законов механики и физики. Главными источниками этой теории были прикладные инженерные задачи, возникающие при проектировании и эксплуатации технических объектов и систем, что наложило отпечаток на выбор используемого математического аппарата и на идеологию этого научного направления. Развитие теории шло по пути расширения используемого математического аппарата. Сначала были привлечены дифференциальные уравнения с отклоняющимся аргументом, затем – разностные уравнения и уравнения в частных производных, а также различные разделы функционального анализа. Все это инициировалось и сопровождалось новыми прикладными задачами в химии, физике, биологии, экономике и т. д. Повышенный интерес математиков к задачам управления определялся в значительной мере тем, что при изучении управляемых процессов пришлось разрабатывать специальные методы аналитического анализа и построения приближенных решений. Последнее обстоятельство определило большое влияние вычислительной техники на теорию управления.

Однако при всей изощренности наработанного математического инструментария, областью применения «классических» методов управления остаются сравнительно простые объекты управления с очевидными свойствами. Попытки аналитически описать более тонкие свойства объектов управления (технических и, тем более, естественных), особенно в случаях, когда свойства объекта управления (ОУ) плохо определены априори, быстро приводят к катастрофическому усложнению математических моделей. Ситуацию в целом не спасают ни эвристические приемы, ни повышение эффективности вычислительной техники. На практике объекты управления,

которые плохо формализуются, свойства которых априори плохо известны или изменяются в процессе функционирования, являются типичными [1, 2].

В условиях работы реальных систем с высоким уровнем неопределенности информации для построения систем управления (СУ) неизбежно применение новых информационных технологий, ориентированных на потоки контекстно-зависимой информации, то есть фактическая разработка новых принципов построения интеллектуального управления – теории интеллектуальных СУ (ИнСУ) для систем высших уровней системной сложности [3].

Обзор литературных источников. Практический опыт авторов, отзывы пользователей СУ, материалы специальной периодической и современной литературы [4-7] свидетельствуют о необходимости интеллектуализации автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Актуальность утверждения подтверждается тем, что в настоящее время при проектировании и построении АСУ ТП информация об ОУ средняя либо практически отсутствует, а также сложность самого объекта средняя или высокая. В данной ситуации применение традиционного подхода, основанного на дифференциальных уравнениях, к построению СУ является довольно сложным, нерациональным, дорогостоящим, а чаще всего нереализуемым.

Авторы статьи [4] отмечают, что практически все уже существующие системы автоматизации металлургических процессов (АСУ ТП) базируются на классической теории управления, для практического применения которой используется математическое моделирование, реализуемое на основе предположения о линейности систем. Во многих реальных системах, таких как системы управления шахтной печью, дуговой электроплавкой, методической или нагревательной печью и т. д., имеются нелинейные характеристики, сложные для моделирования динамические элементы, неконтролируемые шумы и помехи, множество обратных связей и другие факторы, затрудняющие реализацию управления. Поэтому математическая модель таких сложных объектов не может отражать в полной мере ее действительные физические свойства. Даже если удастся построить такие сложные математические модели, как, например, шахтной печи, более-менее точно отражающие физические соотношения между входами и выходами системы, они могут оказаться бесполезными для целей управления. Практически приемлемыми могут быть только модели с низкой чувствительной частью по параметрам. Обеспечить это для нелинейных систем достаточно сложно. Кроме того, уменьшение чувствительности ведет к снижению точности регулирования.

По мнению ряда исследователей данной предметной области применение интеллектуализации в АСУ ТП наиболее важна при решении следующих задач:

- 1) преобразование данных в информацию о состоянии и режиме объекта;

- 2) распознавание ситуаций на ОУ и управление в этих ситуациях;
- 3) расширение возможностей математического моделирования ТП за счет использования качественной информации;
- 4) формализуемой с использованием методов искусственного интеллекта, применение регуляторов на основе нечеткой логики;
- 5) интеллектуальное отображение информации для пользователей;
- 6) адекватное управление
- 7) и т. д.

Постановка задачи. В качестве объекта исследования в данной научно-исследовательской работе (НИР) выступает стан горячей прокатки пакетов металлических пластин (СГП ПМП). Завершив исследование функциональных подсистем, а также входных и выходных параметров к ОУ применён искусственный прием. В результате приема выделен новый уточненный ОУ из исходного ОУ. Уточненным ОУ является вакуумная система (ВС), т. к. на нее СУ выдает управляющие воздействия.

ВС предназначена для обеспечения требуемого вакуума, измерения вакуума, а также для удержания вакуума в различных узлах стана горячей прокатки.

Режимы функционирования ВС:

- 1) откачка на форвакуум и высокий вакуум;
- 2) откачка камеры загрузки;
- 3) откачка камеры выгрузки.

В результате исследования ВС СГП ПМП были сделаны выводы о необходимости интеллектуализации разрабатываемой СУ, т. к.

- 1) не существует возможности описать ВС традиционным способом за приемлемое время и приемлемые трудозатраты;
- 2) при управлении ВС используются недостаточно вербализованный и недокументированный опыт технолога;
- 3) поставленная задача трудноформализуема;
- 4) сложный характер взаимосвязи ВС с иными системами СГП;
- 5) при управлении системой нагрева используется терморегулятор, остальными системами СГП управляет технолог;
- 6) СУ должна обладать способностями обучаться, адаптироваться к различным условиям, а также должна быть гибкой;
- 7) существует необходимость идентификации предаварийных ситуаций.

Необходимо разработать интеллектуальную систему управления технологическим процессом горячей прокаткой пакетов металлических пластин, которая:

- 1) реализует алгоритм контроля и управления станом горячей прокатки, соответствующий технологическому процессу;
- 2) отображает (визуализирует) состояния дискретных и значения аналоговых параметров ВС, системы нагрева, системы проката, системы охлаждения, системы электропитания, системы контроля и управления на мнемосхеме СГП;

- 3) отображает изменение во времени значения аналоговых параметров в виде трендов;
- 4) выдает управляющие воздействия на дискретные исполнительные механизмы ВС согласно алгоритму контроля и управления;
- 5) с заданным интервалом времени проверяет соответствие текущего состояния параметров заданному и при несоответствии информирует об этом оператора;
- 6) обеспечивает архивирование и хранение (согласно установленной длительности хранения):
 - a. состояний дискретных параметров;
 - b. значений аналоговых параметров;
 - c. событий (вход в систему, выход из системы, выдача управляющих воздействий на дискретные исполнительные механизмы, достижение аналоговыми параметрами предупредительных и аварийных уровней, аварийные сигналы от 1ЗВТЗ и ВИЦБ, срабатывание блокировок);
 - d. параметров проката.

Цели создания интеллектуальной системы управления технологическим процессом управления горячей прокатки пакетов металлических пластин является:

- 1) получение качественных и стабильных результатов в ходе проведения технологических процессов;
- 2) повышение производительности;
- 3) облегчение и удобство работы обслуживающего персонала;
- 4) предотвращение аварийных ситуаций;
- 5) создание и архивация отчетов тревог и аварийных ситуаций.

Реализация указанных целей осуществляется за счет:

- 1) выдачи управляющих воздействий в соответствии с технологическим процессом;
- 2) непрерывного контроля работы всех функциональных узлов стана, блокировок, отключений, сигнализации;
- 3) подачи соответствующих команд для предотвращения создания аварийных ситуаций;
- 4) жесткого контроля и стабилизации режимов технологического процесса.

Достижение указанных целей позволит устранить расходы на ремонт оборудования, простой, энергозатраты и испорченный материал. Архивация параметров каждого технологического процесса позволит повторение и анализ рабочей смены технологического процесса.

Интеллектуальная система управления технологическим процессом управления горячей прокатки пакетов металлических пластин предназначена для:

- 1) автоматизации процесса включения (выключения) ряда технологических систем СГП и вывода их на рабочие параметры;

- 2) управления аппаратурой технологических систем для стабилизации и перестройки режимов;
- 3) функционального контроля режимов и состояний узлов и устройств СГП, предоставление необходимой информации в удобной форме для обслуживающего персонала;
- 4) мониторинга параметров технологических систем при ручном управлении с имеющейся Стойки управления.

Метод решения. Совершенно естественным является предложение исключить, из класса интеллектуальных, такие задачи, для которых существуют стандартные методы решения. Примерами таких задач могут служить чисто вычислительные задачи: решение системы линейных алгебраических уравнений, численное интегрирование дифференциальных уравнений и т. д. Для решения подобного рода задач имеются стандартные алгоритмы, представляющие собой определенную последовательность элементарных операций, которая может быть легко реализована в виде программы для вычислительной машины. В противоположность этому для широкого класса интеллектуальных задач, таких, как распознавание ситуаций, адаптивное управление, преобразование данных в информацию и т. п., напротив это формальное разбиение процесса поиска решения на отдельные элементарные шаги часто оказывается весьма затруднительным, даже если само их решение несложно.

Как было отмечено выше, управление технологическим процессом, а также совокупность решаемых при этом подзадач, определяет задачу как интеллектуальную, которую невозможно решить стандартными методами.

Существуют различные подходы к построению ИнСУ:

- 1) логический подход – основой для данного подхода служит Булева алгебра;
- 2) структурный подход – построение ИнСУ путем моделирования структуры человеческого мозга;
- 3) эволюционный подход – при построении систем по данному подходу основное внимание уделяется построению начальной модели, и правилам, по которым она может изменяться (эволюционировать);
- 4) имитационный подход – данный подход является классическим для кибернетики с одним из ее базовых понятий – «черным ящиком».

При интеллектуализации СУ используют следующие технологии:

- 1) нейронные сети;
- 2) нечеткая логика;
- 3) экспертные системы;
- 4) распознавание образов;
- 5) системы со способностью обучения;
- 6) мягкие вычисления;
- 7) комбинированные математические модели.

В настоящее время в научной литературе [8,9] появляются материалы о некоторых неточностях и невозможностях применения технологий

интеллектуализации СУ в промышленности. Эти работы вызваны тем, что при выборе технологии решения необходимо проводить более тщательный отбор методов и руководствоваться научной обоснованностью. Эти материалы дают повод к более критичному обоснованию и осмыслению использования ИнСУ в АСУ ТП.

Продолжение работы. Следующий этап НИР – выбор наиболее подходящего метода интеллектуализации СУ и математическая постановка задачи. Отдельно следует выделить выбор программного комплекса реализации ИнСУ. Конечной целью НИР является проектирование и реализация СУ СГП ПМП. При построении СУ необходимо руководствоваться тем, что функционирование должно протекать в реальном масштабе времени. Это обстоятельство наложит определенные ограничения на выбор способа интеллектуализации и программных средств комплекса реализации.

Выводы. В результате работы выявлена необходимость построения СУ с использованием интеллектуальных технологий для управления СГП ПМП SGP-PMP-2-175 функционирующего в ННЦ ХФТИ. В ходе работы были рассмотрены и критические материалы ИнСУ, что позволит на этапе выбора технологии и разработки системы избежать тех ошибок, которые были допущены ранее различными исследователями в данной предметной области. Разрабатываемая в рамках научно-исследовательской работы ИнСУ будет обладать определенными преимуществами перед традиционными СУ, а также позволит достичь поставленных целей.

Список литературы: 1. Жданов А.А. Метод автономного адаптивного управления, его свойства и приложения// The IEEE International Conference Artificial Intelligence System IEEE ICAS'03, 2003 2. Егоров А.И. Математические задачи управления системами// Труды Международной конференции Интеллектуальное управление: новые интеллектуальные технологии в задачах управления (ICIT'99) Переславль-Залесский, 1999 3. Поляков А.О., Юсупов Р.М., Ерофеев А.А. Интеллектуальные системы и информационные технологии управления// Site of Information Technologies – infotech.webservis.ru 4. Еременко Ю.И. Об интеллектуализации задач управления металлургическими процессами// Приборы и системы. Управление, контроль и диагностика. 2002. № 9. С. 6 – 9. 5. Усков А.А. Принципы построения систем управления с нечеткой логикой// Приборы и системы. Управление, контроль и диагностика. 2004. № 6. С. 7 – 13. 6. Егоров А.А., Павлова Н.В. и др. Искусственный интеллект в промышленных АСУ и контроллерах// Промышленные АСУ и контроллеры. 2004. № 1 – 4. 7. Кудинов Ю.И., Халов Е.А. и др. Разработка нечеткой обучаемой системы управления// Промышленные АСУ и контроллеры. 2004. № 2. С. 25 – 29. 8. Ротач В.Я. Возможен ли синтез нечетких регуляторов с помощью нечетких множеств?// Промышленные АСУ и контроллеры. 2004. № 1. С. 33 – 34. 9. А.А.Зенкин О некоторых семантических дефектах в логике интеллектуальных систем// Девятая национальная конференция по искусственному интеллекту (КИИ-2004) Тверь, Россия, 2004. Труды конференции, т. 1. С. 271 – 280.

Поступила в редколлегию 02.12.05